

## Technical White Paper

# 전기 화학 임피던스 분광법을 사용한 차세대 배터리 모니터링



Brian Burk  
Systems Engineer, Battery Management Solutions

## 추상

EV(전기 자동차), ESS(에너지 저장 시스템), 산업용 로봇과 같은 고전력 애플리케이션에서의 배터리 도입은 배터리 관리 모니터링 및 제어의 혁신을 지속적으로 주도하고 있습니다. 차세대 BMS(배터리 관리 시스템)는 배터리 수명을 연장하고, 최고의 안정성을 보장하며, 사용자와 승객의 안전을 최대한 지원해야 합니다.

결함이 있는 배터리로 인한 리콜, 과도하게 사용된 셀, 화재 및 재산 손상을 초래하는 급격한 배터리 팩 고장 등의 사고는 여러 배터리 공급업체와 OEM 업체의 명성을 훼손했습니다. 업계 리더와 정부 규제 당국은 차세대 배터리 제품을 위해 감지 방법과 안전을 최우선으로 삼고 있습니다.

이러한 안전 및 안정성 문제를 해결하기 위해 설계자는 수십 년 동안 배터리에 적용되어 온 기술인 EIS(전기 화학 임피던스 분광법)를 주목하고 있습니다. EIS는 배터리 셀을 여자시키고 배터리의 반응을 모니터링하도록 설계된 방법으로, 셀의 상태에 대한 인사이트를 제공합니다. 설계자는 이 프로세스를 통해 비침습적 전기 신호를 사용하여 배터리 셀의 다양한 측면을 모니터링함으로써 배터리 온도, 배터리 충전(충전 상태), 배터리 용량 감소(성능 상태), 열 폭주 감지 등에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있습니다.

이 백서에서는 현재 배터리 시스템 설계자가 직면하고 있는 몇 가지 과제와 EIS가 훨씬 더 안정적이고 오래 지속되는 배터리 설계를 구현하는 방법을 소개합니다.

## 목차

1 소개.....	1
2 EIS로 배터리 분석.....	2
2.1 변경 사항: 조기 감지를 촉진하는 규제.....	2
2.2 EIS란 무엇입니까?.....	2
2.3 배터리 EIS의 작동 방식.....	3
2.4 임피던스 데이터 사용 방법.....	3
2.5 EIS가 제공하는 기타 인사이트.....	4
3 EIS의 영향: 세 가지 사용 사례.....	5
3.1 열 폭주 감지.....	5
3.2 더 빠른 충전.....	6
3.3 충전 및 가용성.....	7
4 EIS 측정.....	7
4.1 EIS 시스템 아키텍처.....	7
4.2 EIS 측정을 위한 매개 변수.....	8
4.3 TI의 EIS 칩셋.....	9
4.4 레퍼런스 설계.....	9
5 결론.....	9

## 상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

## 1 소개

EV 분야는 지난 10년 동안 급격하게 성장했습니다. 이러한 전환을 위해서는 주행 가능 거리, 충전 속도, 배터리 안정성의 초기 한계를 극복하기 위해 상당한 엔지니어링 발전이 필요했습니다. 하지만 회의론자들은 주행 가능 거리 불안과 배터리 사용

시간에 따라 발생할 수 있는 점진적인 용량 손실을 지적하지만, 다음과 같은 획기적인 발전으로 이러한 우려가 해결되었습니다.

- 셀 화학 및 제조 분야의 발전을 통해 100Wh/kg에서 300Wh/kg으로 **배터리 밀도가 증가했습니다.**
- **향상된 충전 인프라**를 통해 더 빠른 충전이 지원되어 80% 충전하는 데 8시간 이상에서 30분 미만으로 충전 시간이 줄어들었습니다.
- 첨단 고전압 애플리케이션별 반도체를 사용한 **보다 정확한 배터리 모니터링**을 통해 400V 및 800V 아키텍처에서 200개 이상의 셀이 직렬로 연결된 팩을 관리할 수 있습니다.

이러한 모든 발전에도 불구하고 배터리 시스템 설계자는 여전히 세 가지 핵심 과제에 직면해 있습니다.

- **수명 주기 관리:** 설계자는 리튬 인산철(LFP) 및 니켈 망간 코발트(NMC)를 포함한 고밀도 리튬 셀의 신뢰성과 수명을 개선해야 합니다. 이러한 셀은 온도 변화, 과충전, 과소충전, 고속 충전과 같은 높은 충전 속도에 민감하므로 신뢰성과 안정성을 보장하기 위해 모니터링과 제어의 섬세한 균형이 필요합니다.
- **노화 및 용량 감소:** 셀 용량 감소나 배터리 노후화에 따른 배터리의 저장 능력은 모델링하는 경우가 많지만 현재 측정할 수 없기 때문에 예측이 어렵습니다. 소비자들은 새로운 스마트폰에서도 비슷한 경험을 합니다. 배터리 완충 시 처음에는 며칠 동안 지속되지만 천천히 용량이 감소하여 원래 충전 용량의 일부만 충전할 수 있게 됩니다.
- **안전 및 열 폭주:** 치명적인 열 폭주를 유발하는 셀 스트레스와 손상을 감지하는 것은 업계의 압박과 정부의 규제로 인해 업계에서 가장 시급한 과제입니다.

이러한 과제를 해결하기 위한 새로운 툴의 도입으로 까다로운 애플리케이션을 위한 배터리 시스템이 더 안전하고 안정적으로 만들어지고 있습니다. 가장 유망한 기술 중 하나는 EIS로, 설계자들에게 배터리의 상태에 대한 실시간 인사이트를 제공하여 설계자가 셀 내부를 효과적으로 볼 수 있도록 합니다.

## 2 EIS로 배터리 분석

### 2.1 변경 사항: 조기 감지를 촉진하는 규제

열 폭주는 셀이 자체 발열 및 가압되어 결국 연소되기 시작하는 연쇄 반응으로 정의되며 다른 셀로 빠르게 확산되어 전체 팩이 불에 붙을 수 있습니다. 이 사고는 멈추는 것이 거의 불가능하며, 억제하는 정도가 최선입니다.

이러한 이유로 배터리 업계 전문가와 정부 규제 당국은 운전자에게 더 긴 경고 시간을 제공하기 위해 조기 감지를 지원하는 조치를 취하고 있습니다.

2020년 중국의 Guobiao(GB) 38031 국가 표준에서는 열 폭주 경고 후 최소 5분의 탈출 시간을 갖도록 요구했습니다. 2026년 7월에 발효되는 GB 38031-2025 개정안에서는 한 개의 셀이 열 폭주에 진입한 후 팩 외부에서 화재나 폭발이 눈에 띄기 전까지 최소 2시간을 확보하도록 요구됩니다.

이러한 표준은 개별 셀 수준에서 열 폭주를 감지하고 가능한 모든 경고 시간을 확보하도록 자동차 제조업체에 극도의 압력을 부과합니다. 안타깝게도 현재 이러한 요구 사항을 확실하게 충족할 수 있는 솔루션은 거의 없습니다. EIS는 TI(텍사스 인스트루먼트)의 차세대 BMS 장치에 통합되는 측정 가능한 셀 수준 인사이트를 제공합니다.

### 2.2 EIS란 무엇입니까?

먼저 EIS를 분석하겠습니다. 분광법은 많은 시스템에서 주파수 범위에서 여자시킨 후 응답을 측정하여 시스템의 특성을 감지하기 위해 사용되는 기술입니다. 생체분광법에서 스마트 스케일은 신체를 통해 다양한 주파수의 전류 신호를 전송하여 근육, 지방 및 수분을 측정함으로써 체성분을 추정합니다.

EIS의 전기 화학 부분은 배터리에 동일한 원리를 적용합니다. 전기 신호는 배터리의 화학 반응을 측정합니다. 셀의 리튬 위치를 추적하거나 양극 또는 음극이 온전한 상태로 유지되는지 여부를 확인하는 등의 측정은 모니터링에 유용한 화학적 특성입니다(그림 2-1). 분광법의 목표는 비침습적인 방식으로 셀의 내부 주파수 의존형 동작에 대한 더 깊은 인사이트를 얻는 것입니다.

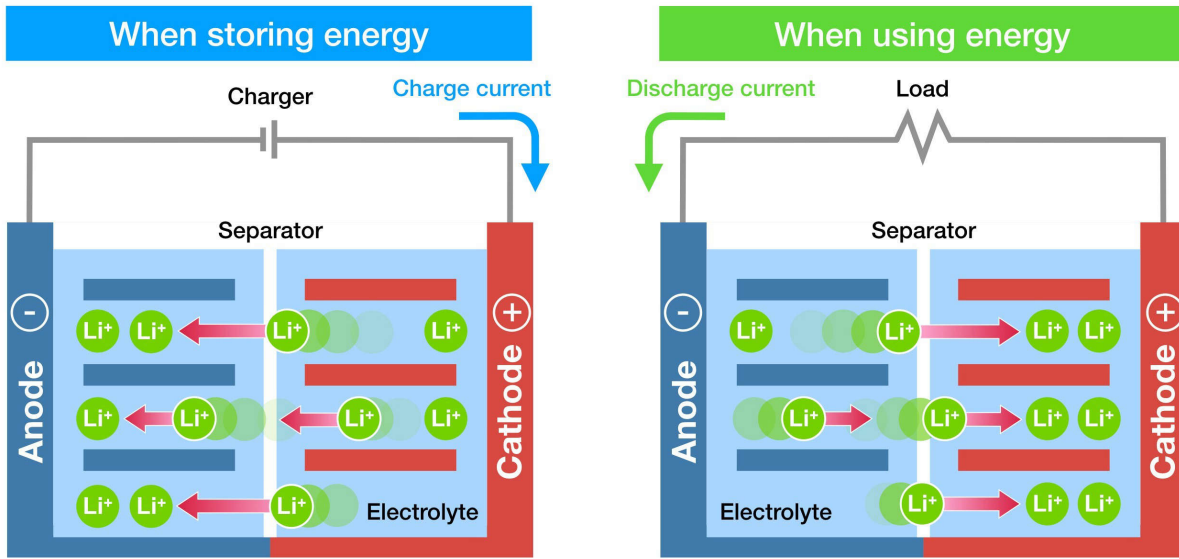


그림 2-1. 충전 및 방전 중 배터리 리튬 이온 흐름

### 2.3 배터리 EIS의 작동 방식

TI의 BQ79826Z-Q1 배터리 모니터 및 BQ79881-Q1 배터리 정션 박스 팩 모니터는 배터리 셀, 모듈 또는 팩에 전류 여자를 인가하고 응답 전압을 측정합니다. 그림 2-2에서는 배터리 내부의 전류 및 전압을 보여줍니다. 주파수 간 진폭 차이(임피던스 크기)와 시간 차이(임피던스 위상)를 비교하고 시간, 온도, 충전 또는 기타 배터리 매개 변수에 따른 변화를 모니터링하면 셀 내에서 어떤 일이 발생하고 있는지 파악할 수 있습니다.

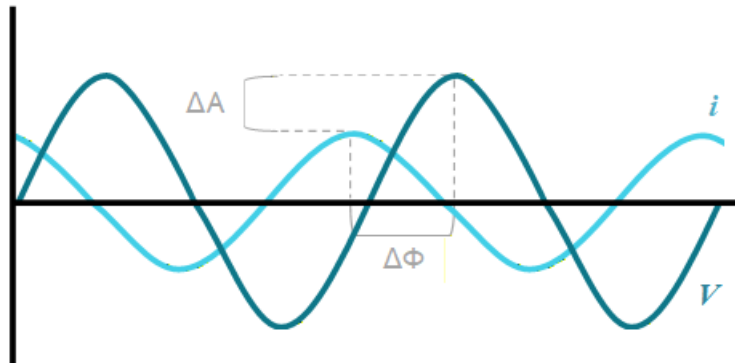


그림 2-2. 전류 및 전압을 사용한 EIS 측정

### 2.4 임피던스 데이터 사용 방법

BMS에서 임피던스 측정 기능을 사용할 수 있게 되면 임피던스와 관련이 있는 배터리 매개 변수를 식별하는 것이 중요해집니다.

나이퀴스트 플롯은 주파수에 따른 임피던스를 시각화하는 일반적인 기법입니다. 그림 2-3에서는 x축의 실수 임피던스와 y축의 허수 임피던스를 보여줍니다. 각 선은 0.1Hz~1kHz의 주파수 스위프를 나타내며, 오른쪽이 가장 낮은 주파수이고 왼쪽이 가장 높은 주파수입니다. 그림 2-3의 선 색상은 스위프 중 배터리의 온도를 나타냅니다.

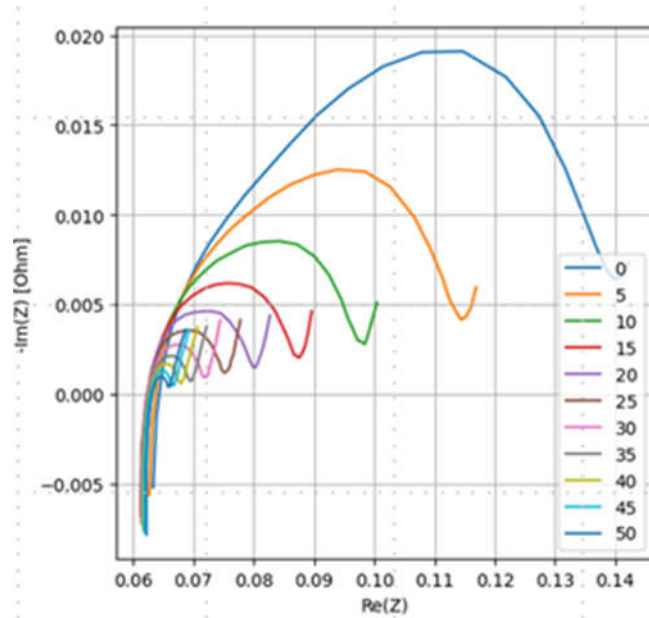


그림 2-3. 온도 및 임피던스 나이퀴스트 플롯

플롯에서 임피던스 곡선 모양은 온도에 따라 변경됩니다. 또한, 500Hz에서 단일 임피던스를 나타내는 검은색 원은 온도가 변함에 따라 움직입니다. 설계자는 이 EIS 기반 온도 데이터를 사용하여 배터리의 코어 온도를 식별하고, 충전 중 온도 스파이크를 모니터링하고, 시스템에 필요한 온도 센서 수를 줄일 수 있습니다.

### 2.5 EIS가 제공하는 기타 인사이트

간단한 온도 측정 외에도 EIS는 양극, 음극, 리튬 확산, SEI(Solid Electrolyte Interphase) 레이어 무결성 및 배터리 작동에 중요한 기타 구성 요소와 같은 특정 배터리 구성 요소에 대한 인사이트를 제공합니다. 나이퀴스트 플롯을 모양과 주파수별로 분석하면 이러한 매개 변수가 명확해집니다. 그림 2-4에서는 EIS 분석에 사용되는 주파수 영역 및 등가 회로 모델을 보여줍니다.

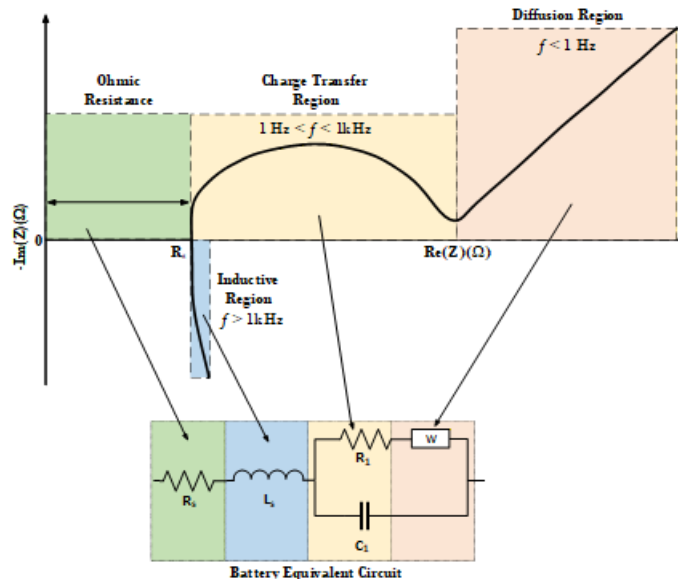


그림 2-4. 나이퀴스트 플롯에서 배터리 구성 요소 식별

컬러 상자로 표시된 영역 또는 나이퀴스트 모양은 배터리 셀에서 모니터링할 특정 영역을 강조 표시합니다.

- **옴 저항(녹색 상자, 수평선):** 이 영역은 전해액의 DC 저항을 나타내며, 제조 결함, 조립 오류 또는 차량 충돌이나 폭풍 등에 의해 발생할 수 있는 손상으로 인해 배터리에 단락이 있는지를 나타냅니다.

- **전하 이동 영역(노란색 상자, 반원):** 이 영역은 전극에서 이온과 전자가 만나는 전극-전해질 계면의 상태를 나타내는 경우가 많습니다. 이 영역에서 모니터링되는 셀에서 가장 중요한 물리적 구성 요소 중 하나는 이온과 전자의 결합 및 분리를 허용하는 SEI 층입니다. SEI 층이 열화되기 시작하면, 이 열화는 종종 셀의 노후화를 나타내며 셀 고장의 합리적인 예측 지표가 될 수 있습니다.
- **확산 영역(빨간색 상자, 45도 선):** 음극과 양극의 리튬 확산 프로세스와 관련하여 이 영역은 충전 상태, 성능 상태 및 한 번에 충전 또는 방전할 수 있는 셀의 능력을 평가하는 데 도움이 됩니다.

배터리 셀의 물리적 모델링을 차량 내 EIS 측정과 결합하면 BMS가 실시간으로 배터리 상태, 노후화 및 가능한 손상을 평가할 수 있습니다.

### 3 EIS의 영향: 세 가지 사용 사례

데이터 및 시장 요구 사항을 기반으로 EIS의 세 가지 사용 사례를 살펴보겠습니다.

#### 3.1 열 폭주 감지

열 폭주는 셀과 팩의 치명적인 고장으로, 사람들에게 위험한 상황을 초래하고 상당한 부수적 손상을 초래할 수 있습니다. [그림 3-1](#)에서는 EV 배터리 팩의 여러 셀을 보여줍니다.



그림 3-1. EV 배터리 팩의 리튬 셀

이전 BMS 세대는 일반적으로 여러 셀에서 이미 열 폭주가 시작된 후에만 감지할 수 있는 저속 반응 온도 센서에 의존했습니다. 현재 시중에 나와 있는 대부분의 BMS 설계에서는 화재가 발생하기 몇 분 전에 일어날 수 있는 셀의 벤팅을 감지하는 값비싼 압력 및 가스 센서가 추가됩니다. 두 가지 접근 방식 모두 개별 셀 수준에서 실패합니다.

EIS는 모든 셀 각각의 코어 온도 및 임피던스 변화를 감지합니다. EIS는 기존의 온도 센서에서는 불가능한 전기 임피던스 측정을 기반으로 셀의 코어 온도를 모니터링하여 열 폭주의 초기 단계를 감지할 수 있습니다.

또한 EIS는 배터리의 이상 또는 불규칙성을 감지합니다. 열 폭주의 주요 원인 중 하나는 덴드라이트 성장 또는 음극의 리튬 축적으로 인해 셀 내부에서 단락이 발생하는 것입니다([그림 3-2](#)). 각 셀의 임피던스를 모니터링하면 시간이 지남에 따라 점진적으로 발생하는 문제와 관련하여 개별 셀을 모니터링할 수 있습니다. 이 셀 수준의 가시성은 GB 38031-2025에서 요구되는 2 시간 경고 기간을 직접 지원합니다.

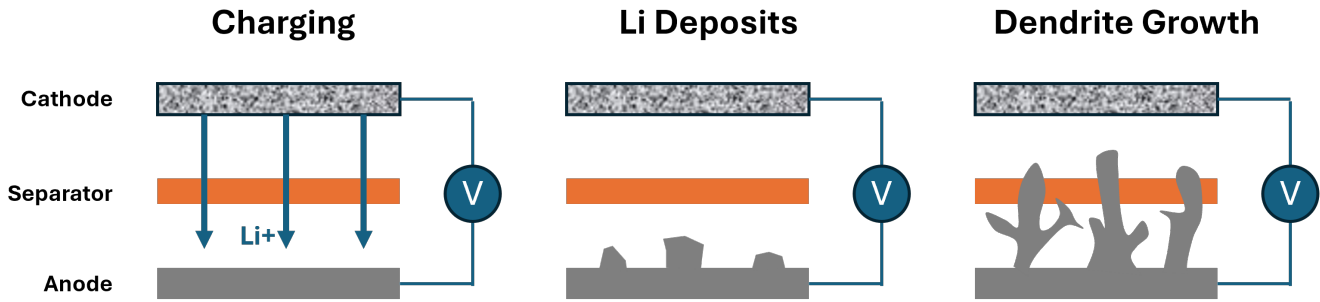


그림 3-2. 열 폭주로 이어지는 덴드라이트 성장.

### 3.2 더 빠른 충전

소비자는 EV 차량의 충전을 기다리는 것을 원하지 않기 때문에 EV 충전에 관한 주제는 EV가 갖고 있는 많은 장점을 무색하게 만들었습니다. EV 배터리 충전보다 연료 탱크에 주입하는 것이 더 편하기 때문에 업계는 더 빠른 충전 기능을 목표로 삼아 왔으며, 이는 당연한 일입니다.

소비자는 집을 떠나거나 여행 중에 고속 충전을 원합니다. 트럭과 버스를 포함한 상용 차량은 지속적으로 운행해야 하기 때문에 고속 충전이 필수적입니다.

안타깝게도 자주 고속 충전하면 배터리 노후화가 가속화되어 배터리 팩 수명이 10%~20%까지 단축될 수 있습니다. 고전류 충전은 배터리 부품에 스트레스를 가하며 리튬 플레이팅이라고 하는 비가역적 상태로 이어질 수 있습니다. 리튬 플레이팅은 리튬 확산이 불량하여 음극에 리튬이 축적된 것으로, 이는 셀이 추가 전자를 수용할 준비가 되지 않았음을 의미합니다. 플레이팅이 시작될 때 얇은 SEI 층의 온도, 충전 수준 및 노후화가 모두 영향을 미칩니다. 이러한 스트레스와 셀의 리튬 확산으로 인해 장치 제조업체는 배터리를 100% 충전하는 것을 권장하지 않습니다.

EIS는 설계자가 다음 두 가지 방법으로 고속 충전을 관리할 수 있도록 지원합니다.

- **온도 모니터링**은 고속 충전 시 환경 및 코어 배터리 온도를 허용 가능한 범위 내로 유지합니다. 낮은 온도는 확산을 제한하고 고속 충전으로 인해 배터리 온도가 높아질 수 있으므로 지속적인 모니터링이 필수적입니다.
- **확산 모니터링**은 확산 영역(나이퀴스트 플롯의 꼬리 부분)에 대한 인사이트를 실시간으로 제공합니다. 예를 들어 임피던스가 너무 높아지면 충전 전류를 낮춰야 합니다.

리튬 확산을 모니터링하면 배터리 노후화의 경고 징후를 포착할 수 있고, 이러한 모니터를 통해 시스템 설계자는 충전 전류를 늘릴 수 있습니다. 추가 내장 여유가 필요하고 최대 충전 속도를 효과적으로 제한하는 리튬 확산의 정적 모델링된 매개 변수에 의존하는 대신, 직접 측정을 통해 전류를 줄여야 하는 시기를 시스템에서 알 수 있습니다. 임피던스를 낮게 유지하면 훨씬 더 빠른 충전이 가능합니다.

TI의 BQ79826Z-Q1의 EIS 엔진은 0.01Hz 이하의 초저 주파수 감지 성능으로 확산 감지를 지원하고 최대 5개의 임피던스 주파수를 동시에 여자시켜 측정 시간을 단축합니다(그림 3-3).

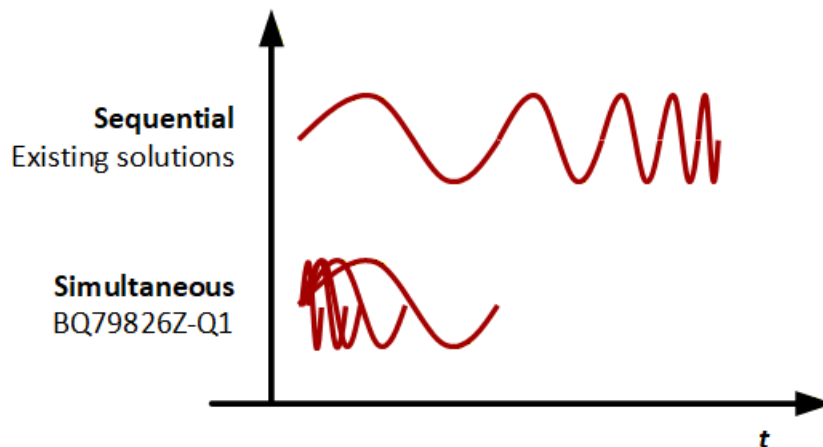


그림 3-3. 동시 주파수를 사용한 짧은 측정 시간

### 3.3 충전 및 가용성

배터리 충전 상태와 성능 상태는 모든 배터리 시스템에서 중요한 매개 변수입니다. EIS는 기존의 DC 전압 측정을 대체하지 않지만 의사 결정을 내리기 위한 의미 있는 데이터의 가용성을 높이고 다음과 같은 두 가지 방법으로 기존 시스템을 개선합니다.

- **DC 전압 정확도:** LFP 셀은 30%~90% 사이의 매우 평평한 전압 대 충전 상태 곡선(그림 3-4에 표시됨)을 보여주며, 이는 기존의 개방 회로 전압 측정이 부정확해지도록 만듭니다. EIS는 충전 상태를 직접 측정함으로써 정확도를 높여, 최악의 경우 오차를 5% 또는 10%에서 2% 미만으로 줄이고 더 많은 충전량을 제공합니다.
- **유휴 상태에서 배터리 상태 감지:** 많은 ESS 시스템은 장시간 동안 유휴 상태로 유지되므로 필요할 때 셀이 전력을 공급할 수 있는지 파악하는 것이 어렵습니다. 안타깝게도 DC 전압만으로는 리튬 확산 또는 임피던스를 측정할 수 없습니다. EIS를 통해 시스템 설계자는 주기적으로 배터리 상태를 점검하여 필요할 때 시스템이 전력을 공급할 준비가 되었는지 확인할 수 있습니다.

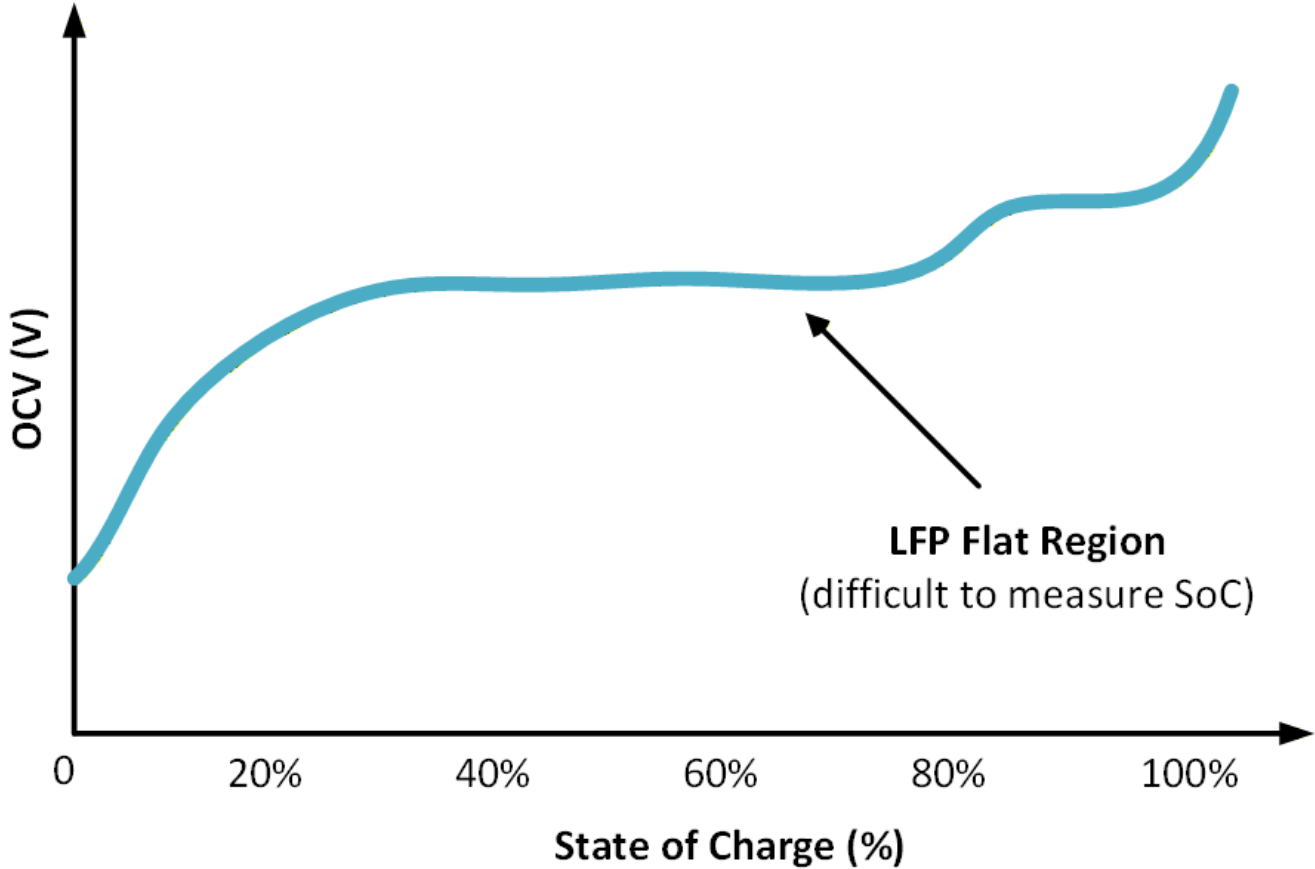


그림 3-4. 평평한 영역을 보여주는 LFP 개방 회로 전압 및 충전 상태 곡선

기존 BMS 방법으로는 측정하기가 복잡하거나 불가능할 때 EIS가 추가 인사이트를 제공하여 보다 정확한 충전 상태를 파악하고 전력 가용성을 유지할 수 있습니다.

## 4 EIS 측정

### 4.1 EIS 시스템 아키텍처

EIS 지원 BMS는 전압 감지를 위한 여러 개의 스택형 배터리 모니터와 전류 감지를 위한 팩 모니터를 포함한 기존 아키텍처에 다음 두 가지 구성 요소를 더한 것을 기반으로 합니다(그림 4-1).

- **전류 여자 소스** - 정현파, 구형파 또는 기타 모양의 파형을 생성하여 셀을 여자시킵니다.
- **동기 전압 및 전류 샘플링** - 전류 및 전압 측정 장치 간 오실레이터를 동기화하여 임피던스 위상 오차를 줄입니다.

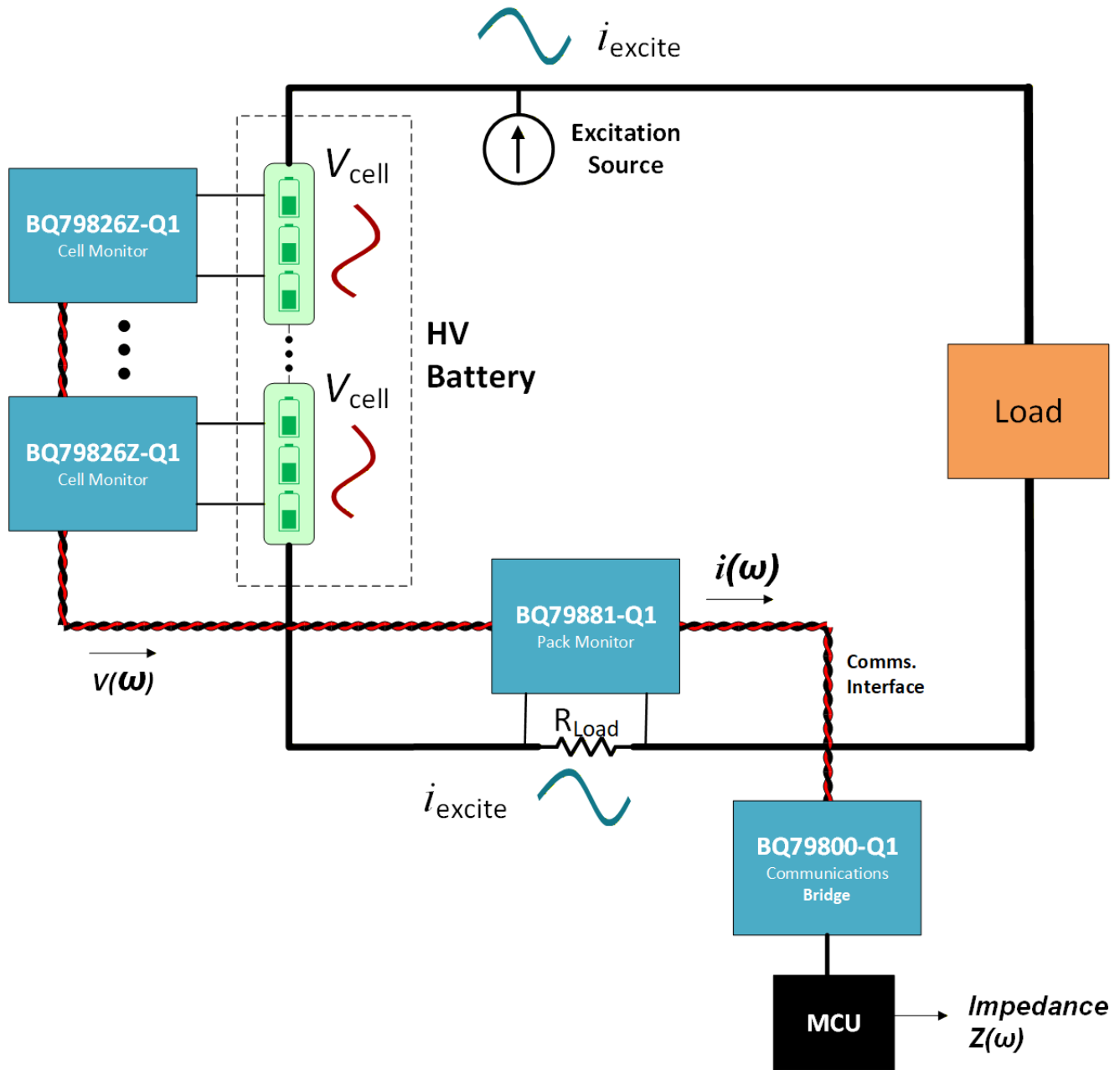


그림 4-1. 팩 EIS 시스템 블록 다이어그램

그림 4-1에서는 BQ79826Z-Q1 셀 전압 모니터 2개와 전류용 BQ79881-Q1 팩 모니터 1개를 포함한 일반적인 배터리 팩 구성을 보여줍니다. BQ798xx 모니터에는 전류 및 전압 측정을 엄격하게 조정하여 임피던스 위상 오차를 최소화하는 통합 동기화 프로토콜이 포함되어 있습니다. 여자 소스는 BQ798xx 장치로 직접 제어하거나 DC/DC 컨버터, 충전기, 밸런서, 사전 충전 회로 또는 인버터와 같은 완제품의 기존 소스에 의해 생성할 수 있습니다.

#### 4.2 EIS 측정을 위한 매개 변수

EIS 시스템을 최적화하려면 다음 세 가지 전기 설계 매개 변수에 주의해야 합니다.

- **셀 임피던스:** 배터리는 배터리의 작동 수명에 걸쳐 다양한 임피던스를 가지며, 설계자는 나이퀴스트 플롯으로 이를 캡처할 수 있습니다. 임피던스는 셀을 여자시키는 데 필요한 전류의 양을 직접적으로 결정합니다. 예를 들어, 100Ah 셀은 일반적으로  $500\mu\Omega \sim 750\mu\Omega$ 의 임피던스를 보여주고 ADC(아날로그-디지털 컨버터) 측정을 위해 1Ap~2Ap의 피크가 필요할 수 있습니다.

- **여자 전류 진폭:** 전류 진폭은 배터리 선형성 요구 사항과 ADC의 최적 측정 범위에 영향을 미칩니다. 선형성은 정현파로 여자될 때 배터리가 정현파로 응답하도록 합니다. 목표는 전류 여자 진폭을 가능한 한 낮게 유지하여 소비 전력을 제한하는 것입니다.
- **ADC 잡음:** 전압 및 전류 신호가 마이크로볼트 범위에 있을 수 있으므로 높은 SNR(신호 대 잡음) 비율을 위해서는 낮은 ADC 입력 기준 잡음이 필수적입니다. 저잡음 ADC를 선택하면 SNR이 개선되고 필요한 여자 전류를 줄일 수 있습니다.

### 4.3 TI의 EIS 칩셋

BQ79826Z-Q1 및 BQ79881-Q1 배터리 모니터를 통해 설계자는 TI의 통합 EIS 엔진으로 모든 셀의 임피던스를 측정할 수 있습니다. 0.01Hz까지 모든 EIS 주파수 대역에서 임피던스를 캡처할 수 있어 온도, 충전 상태 및 열 폭주와 관련된 미세한 임피던스를 감지할 수 있습니다.

이와 함께 BQ798xx 칩셋은 완전한 BMS(그림 4-2 참조)를 형성하여 많은 수의 배터리 셀 구성을 위한 스택형 26채널 배터리 모니터와 전류 및 팩 전압 측정을 위한 고정밀 팩 모니터를 제공합니다.

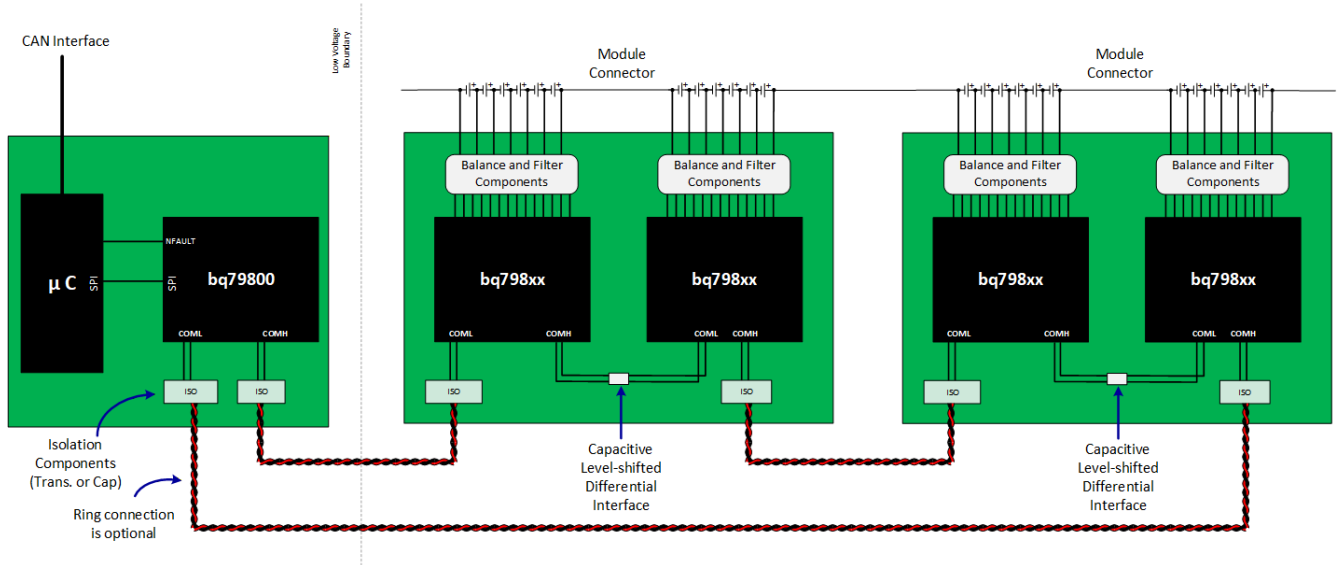


그림 4-2. BQ798xx BMS 블록 다이어그램

이 장치는 배터리 용량 증가에 대한 까다로운 요구 사항을 충족하여 EIS 최적화 설계로 매우 작은 임피던스를 측정할 수 있습니다. 전압 및 전류 감지를 위한 초저잡음 ADC는 SNR을 개선하고, 0.01Hz~3.5kHz의 넓은 주파수 범위로 중요한 임피던스 영역을 커버하고, 스택 동기화를 통해 전류 및 전압 측정 사이의 시간을 최소화하여 위상 오차를 줄입니다.

### 4.4 레퍼런스 설계

BQ79826Z-Q1 및 BQ79881-Q1을 사용하여 EIS를 빠르게 평가할 수 있도록 TI는 하드웨어, 소프트웨어 및 시스템 수준 지원을 포함한 레퍼런스 설계를 제공합니다. 설계자는 평가 모듈을 배터리 셀, 모듈 또는 팩에 직접 연결하여 표준 BQ79826 및 BQ79881 **평가 모듈**로 대부분의 EIS 평가를 수행할 수 있습니다. 또한 TI는 EIS 성능 테스트, 알고리즘 개발을 위한 데이터 수집 및 차량 내 통합을 위한 소프트웨어 솔루션을 제공합니다. TI의 EV BMS 3.0 레퍼런스 설계를 포함한 여러 **레퍼런스 설계**를 통해 설계자는 BMS 및 EIS 시스템의 계획, 테스트 및 개발 시간을 단축할 수도 있습니다.

TI에서 요청에 따라 제공하는 기타 레퍼런스 설계에는 다음이 포함됩니다.

- 직렬 52셀~104셀 ESS 시스템: ESS 시스템을 위한 팩 또는 랙 레퍼런스 설계.
- 스택형 액티브 브리지: 99% 이상의 효율성을 가진 특허받은 EIS 여자 소스.
- 액티브 팩 밸런싱: 기존 팩 밸런싱 회로를 사용하여 셀을 여자시키는 이중 액티브 브리지 토폴로지 기반의 여자 소스.

## 5 결론

EV, 에너지 저장 및 산업용 로봇에 사용되는 더 안전하고 안정적이며 오래 지속되는 배터리에 대한 수요 증가는 BMS 시스템의 설계 및 구축 방식과 시스템이 달성할 수 있는 목표에 영향을 미쳤습니다. EIS는 BMS 시스템을 더 스마트하게 만들어 온도 스파이크를 더 빠르게 감지하고, 보다 정확한 충전 상태를 추정하고, 셀 열화를 조기에 경고할 수 있습니다. 이러한 인사이트는 설계자가 배터리 수명을 연장하고, 충전 속도를 높이고, 안전성을 향상시킬 수 있도록 도와줍니다.

EIS 엔진이 통합된 TI의 차세대 칩셋은 이러한 기능의 발전을 가속화하여 업계의 향후 전기화 목표를 달성할 수 있도록 지원 합니다.

### 작성자 소개

Brian Burk는 텍사스 인스트루먼트 배터리 관리 솔루션 팀의 시스템 엔지니어입니다. 2009년에 TI에 입사한 이후 오디오 DSP, 증폭기, 모터 드라이브 제어, 파워 일렉트로닉스 및 배터리 관리 시스템의 R&D 및 제품 관리를 이끌었습니다. 차량용 BMS 라인의 제품 매니저이자 시스템 엔지니어인 Burk는 차량용, 산업용 및 가전제품 분야에서 TI의 제품을 최전선에 유지하는 전기 화학 임피던스 분광법과 같은 혁신을 주도하고 있습니다. 그는 10개 이상의 특허를 획득한 미래 지향적 솔루션을 선도했습니다. Burk는 오스틴에 있는 텍사스 대학교에서 전기 공학 학사 학위를 받았으며 TI의 기술 리더십 위원회에서 활동하고 있습니다.

## 중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 명시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [TI의 판매 약관](#), [TI의 일반 품질 지침](#) 또는 [ti.com](#) 이나 해당 TI 제품과 함께 제공되는 기타 조건의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다. TI가 명시적으로 제품을 사용자 정의 또는 고객 정의용으로 지정하지 않는 한, TI 제품은 범용의 표준 카탈로그 장치입니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 어떠한 추가적이거나 상이한 조건도 반대하며 이를 거부합니다.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

최종 업데이트: 2025/10/25

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [ti.com](http://ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025